

SESSION 2014

**CAPET
CONCOURS EXTERNE
ET CAFEP**

Section : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR
Option : ARCHITECTURE ET CONSTRUCTION
Option : ÉNERGIE
OPTION : INFORMATION ET NUMÉRIQUE
Option : INGÉNIERIE MÉCANIQUE

ÉPREUVE DE SYNTHÈSE DE SCIENCES INDUSTRIELLES

Durée : 5 heures

Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : La copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

Fauteuil « TopChair »

Dossiers remis aux candidats :

Sujet :	pages	1 à 15
Annexes :	pages	16 à 27

Documents Réponses : **pages 28 à 32**
DR1 à DR5 à remettre impérativement en fin
d'épreuve avec la copie.

Seules les calculatrices en conformité avec le référentiel du concours sont autorisées.

Le candidat est appelé à fournir toute hypothèse supplémentaire qu'il jugera nécessaire à la résolution du sujet.

Présentation

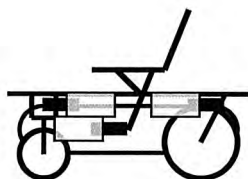


La loi du 11 février 2005 est l'une des principales lois sur les droits des personnes handicapées, depuis la loi de 1975. Elle réaffirme que les locaux d'habitation, les établissements accueillant du public, les lieux de travail notamment, doivent être accessibles (dans un délai maximum de 10 ans) aux personnes handicapées quels que soient les handicaps considérés.

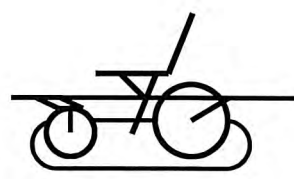
En 2013, deux ans avant l'échéance de mise aux normes, de nombreux bâtiments sont encore inaccessibles aux personnes à mobilité réduite, les obstacles majeurs étant souvent les escaliers à franchir. Le fauteuil « *TopChair* », permet d'y remédier, c'est un fauteuil roulant électrique qui a la particularité de pouvoir monter et descendre les escaliers grâce à son système de chenilles installées sous le fauteuil.

Ce dernier peut passer d'un « mode route » (bouton A), mode équivalent à un fauteuil roulant classique, à un « mode escalier » (bouton B), sur les chenilles, grâce à une combinaison d'actionneurs (vérins électriques). Ces vérins permettent de rentrer les trains avant et arrière et ainsi de se retrouver en configuration « mode escalier ». Une fois dans cette configuration, le fauteuil peut gravir les escaliers.

Un joystick permet à l'utilisateur de choisir sa direction de déplacement, en délivrant une commande variable pour les moteurs à courant continu.



« mode route »

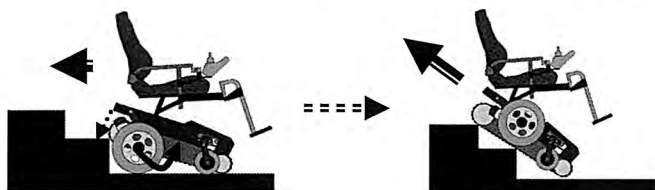


« mode escalier »

Pour permettre l'automatisation de ce fauteuil, une carte électronique gère la commande des vérins et dérive la puissance envoyée par le joystick sur les moteurs des roues ou des chenilles (en fonction du mode choisi). Des capteurs infrarouges sont positionnés à divers endroits du fauteuil. Ils permettent de détecter les marches d'escaliers dans les différentes situations afin d'automatiser le fauteuil (rentrée, sortie des trains avant/arrières).

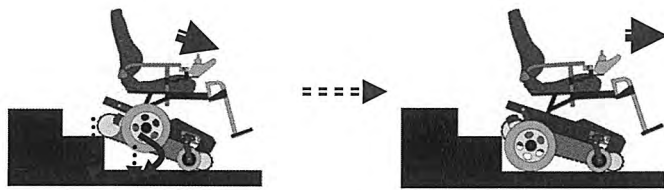
Situations de fonctionnement

- en bas de l'escalier
- détection à la montée en bas des escaliers



Le capteur à l'arrière permet de détecter le nez de la première marche à la montée. Lorsque le capteur détecte une distance plus faible qu'un seuil programmé, le train arrière rentre.

- détection à la descente en bas des escaliers

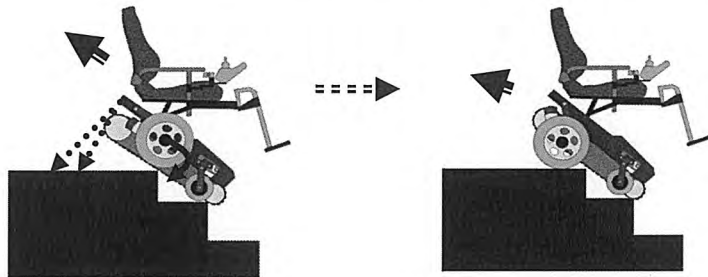


Les capteurs à l'arrière et au milieu permettent de détecter la fin de l'escalier à la descente. On compare les mesures de ces deux capteurs avec des seuils qui dépendent de l'angle du châssis.

Le fait d'intégrer l'angle du châssis

dans cette étape, permet au fauteuil d'être automatisé dans les différents types d'escaliers.

- en haut de l'escalier
- détection à la montée en haut des escaliers

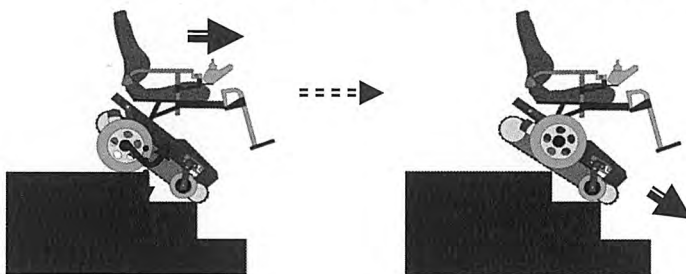


Les deux capteurs à l'arrière permettent de détecter la fin de l'escalier à la montée. De même que pour l'étape précédente, on compare les mesures de ces deux capteurs avec des seuils qui dépendent de l'angle du châssis.

Le capteur du milieu permet de détecter l'entrée dans un escalier

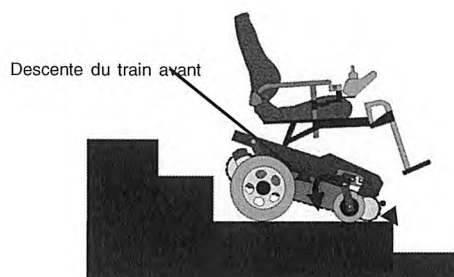
par le haut, le capteur détecte le nez de marche. On compare la valeur mesurée avec un seuil programmé.

- détection à la descente en haut des escaliers



On notera qu'un dernier capteur placé à l'avant permet de détecter un escalier devant le fauteuil, il garantit la sécurité afin que le fauteuil ne puisse pas sortir le train avant lorsqu'il se trouve sur un palier devant une autre série de marches

- sécurité palier



Maintien de l'horizontalité du siège

Enfin, le siège est maintenu en position horizontale dans les escaliers afin de garantir la stabilité de l'utilisateur dans les escaliers.

L'étude qui suit permettra de valider les choix de la société « TopChair » pour assurer l'autonomie d'une personne à mobilité réduite lors de ses déplacements dans une journée en milieu urbain, tout en respectant les contraintes liées à la législation, la conception, la réalisation, l'utilisation, l'environnement, la maintenance...

Enfin, la solution retenue par le constructeur permettant de récupérer des données du fauteuil dans le but d'en assurer la maintenance sera validée.

On conclura sur l'autonomie de la personne à mobilité réduite prise dans l'exemple.

Partie 1. Modélisation SysML : analyse du système

Objectif : identifier les principaux constituants du système en utilisant la documentation fournie ainsi que son modèle SysML. Une aide simplifiée sur ce langage est fournie en annexe 1.

Question 1 : en croisant les informations issues du diagramme d'exigences (annexe 2) ainsi que du document constructeur (annexe 6), donner les performances attendues sur le plat (distance parcourable en autonomie) et le nombre de marches que le fauteuil peut gravir.

Question 2 : en utilisant le diagramme de définition de blocs (annexe 3), nommer les 4 parties du système (blocs sous-jacents) contenant au moins un actionneur ; donner leur multiplicité.

Question 3 : pour chacune des parties, nommer les différents composants qui la composent, en déduire le nombre de vérins et de moteurs contenus dans le siège ; comparer cette valeur à celle du nombre d'interfaces de puissance. Conclure.

Question 4 : en regardant le bloc Sous-système Commande, nommer les éléments permettant à l'utilisateur d'interagir avec le fauteuil ainsi que l'élément permettant de contrôler l'ensemble du fonctionnement du fauteuil.

Partie 2. Vérification de la conformité du fauteuil par rapport à la législation

Objectif général : dans le but d'une homologation, vérifier que le système répond aux exigences imposées par la loi du 11 février 2005 (annexe 4) et aux spécifications techniques des véhicules pour handicapés physiques (annexe 5).

Données :

diamètre de roue arrière	$D_1 = 0,355 \text{ m}$
diamètre de roue avant	$D_2 = 0,200 \text{ m}$
masse (fauteuil : 140 kg et passager : 70 ou 80 kg)	$m = 210 \text{ ou } 220 \text{ kg}$
centre de gravité de l'ensemble : G (la variation de sa position pour les différentes masses de passager sera négligée)	
hauteur du centre de gravité G par rapport au sol	$h = 0,61 \text{ m}$
distance horizontale du centre de gravité G par rapport à l'axe de la roue arrière	$a = 0,16 \text{ m}$
empattement	$b = 0,560 \text{ m}$
résistance au roulement d'une roue arrière	$\delta_1 = 0,004 \text{ m}$
résistance au roulement d'une roue avant	$\delta_2 = 0,002 \text{ m}$
coefficient de frottement des roues avant et arrière	$f = 0,7$
pente du sol	$- 0,15 \leq \sin(\alpha) \leq + 0,15$

Question 5 : en supposant que les charges sont identiques sur les roues droite et gauche, mettre en place sur le document réponse DR1 :

- les points D_s et E_s d'application des actions de contact avec le sol en tenant compte des résistances au roulement ;
- les données dimensionnelles ;
- l'action de pesanteur ramenée au centre de gravité ($P/2$) ;
- les actions de contact du sol sur les roues arrière (composantes normale N_{Ds} selon $\bar{z}_1$ et tangentielle T_{Ds} selon $\bar{y}_1$) et avant (composantes normale N_{Es} selon $\bar{z}_1$ et tangentielle T_{Es} selon $\bar{y}_1$).

Question 6 : par rapport à la législation, indiquer les conditions les plus contraignantes concernant le démarrage, le freinage et l'immobilisation en pente.

Objectif : vérifier que les groupes motoréducteurs de roues motrices arrière (annexe 7) permettent le démarrage sur une pente de 15% avec un passager de masse maximale 70 kg.

Question 7 : déterminer les actions de contact du sol sur les roues (N_{Ds} , T_{Ds} , N_{Es} et T_{Es}) en fonction des données et faire l'application numérique ; en déduire le couple en sortie de réducteur Cr sur une roue arrière ; conclure quant à l'objectif ci-dessus.

Objectif : vérifier que les groupes motoréducteurs des roues arrières (annexe 7) permettent le freinage sur une pente inclinée de 15% avec un passager de masse maximale 80 kg, à la vitesse maximale V_m de 9 km/h en respectant la distance d'arrêt.

Question 8 : déterminer la décélération, supposée constante, en phase de freinage pour l'objectif à atteindre ; en négligeant la résistance au roulement, proposer une méthode de calcul permettant de vérifier que le couple de freinage des groupes motoréducteurs arrière est suffisant ; le vérifier et conclure quant à l'objectif ci-dessus.

Partie 3. Vérification de l'autonomie annoncée par le constructeur

Objectif : vérifier l'autonomie annoncée par le constructeur en mode route dans les conditions de route plate goudronnée, à vitesse constante de 7 km/h et pour un passager de 80 kg.

Afin de faire une simulation, par la suite, du système de commande d'un moteur de roue arrière permettant de vérifier l'autonomie en mode route, il est nécessaire d'en trouver au préalable certaines caractéristiques non fournies dans la documentation du fournisseur. Pour cela, les données du fournisseur d'un motoréducteur de roue arrière à courant continu et à aimants permanents seront utilisées (annexe 7).

On supposera, dans les questions 9 à 12, que le motoréducteur travaille dans les conditions nominales et à vitesse constante.

Question 9 : déterminer la vitesse nominale du fauteuil ; la comparer avec la documentation technique du constructeur ; commenter.

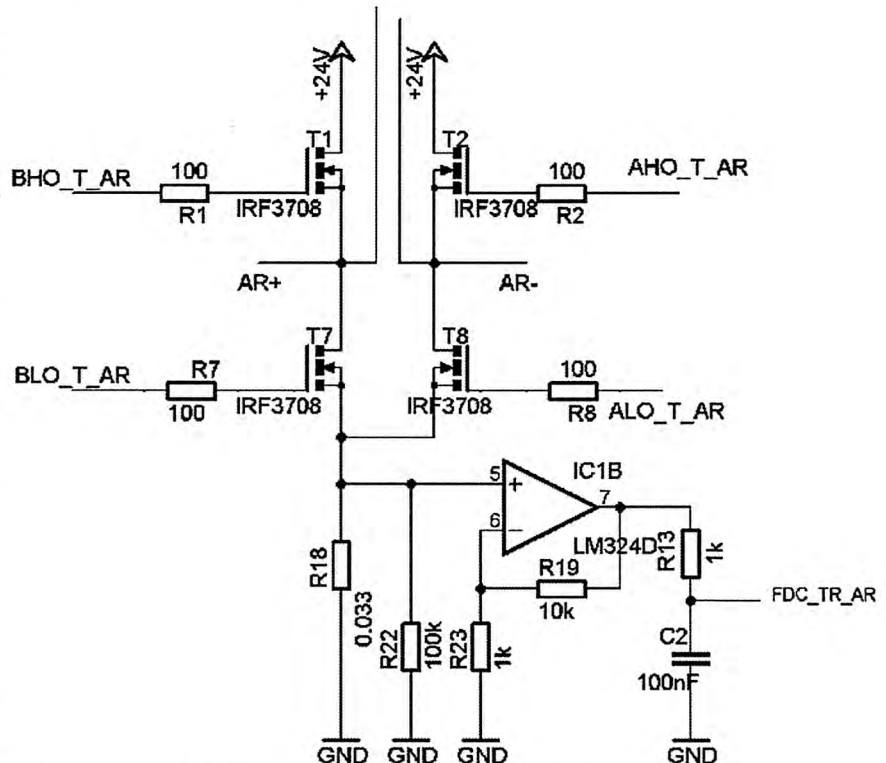
Question 10 : déterminer l'intensité nominale absorbée par le moteur et la perte de tension due à la résistance de l'induit ; en déduire littéralement la force électromotrice disponible et la constante de force électromotrice du moteur.

Question 11 : déterminer la constante de couple du moteur ; la comparer avec la valeur calculée précédemment et commenter.

Question 12 : déterminer les puissances utiles sur l'arbre du moteur et l'arbre du réducteur ; en déduire les rendements du réducteur puis de l'ensemble motoréducteur dans les conditions nominales de fonctionnement.

La détermination des caractéristiques manquantes dans la documentation du fournisseur du motoréducteur de roue arrière a permis de réaliser une simulation de la commande d'un moteur qui se fait par un pont en H classique et dont la structure est la suivante :

- les entrées des ponts sont reliées à un composant intégré de référence HIP4082 ;
- une simulation du comportement en commutation du transistor IRF3708 a été réalisée en utilisant son modèle exact SPICE (modèle physique) ;
- la simulation a été faite en utilisant les caractéristiques du moteur entraînant une roue arrière. La fréquence de hachage est de 20 kHz. On a supposé que le fauteuil roulait à une vitesse de 7 km/h et que la personne sur le fauteuil avait le poids maximum autorisé.



Question 13 : en utilisant le relevé des courbes fourni en annexe 9, déterminer le courant moyen, le rapport cyclique et la puissance moyenne consommée.

La simulation donne une puissance dissipée moyenne de 0,18 W pour le transistor.

Question 14 : sachant que le pont fonctionne en demi-onde, déterminer le rendement complet du pont selon cette simulation ; conclure sur l'interprétation de ce résultat.

Les résultats de la simulation ont donné les valeurs suivantes :

- 260,72 rad/s pour la vitesse de rotation en sortie d'un moteur ;
- 17,6 V pour la force contre-électromotrice au niveau d'un moteur ;
- 4,75 A pour le courant moyen d'induit pour un moteur.

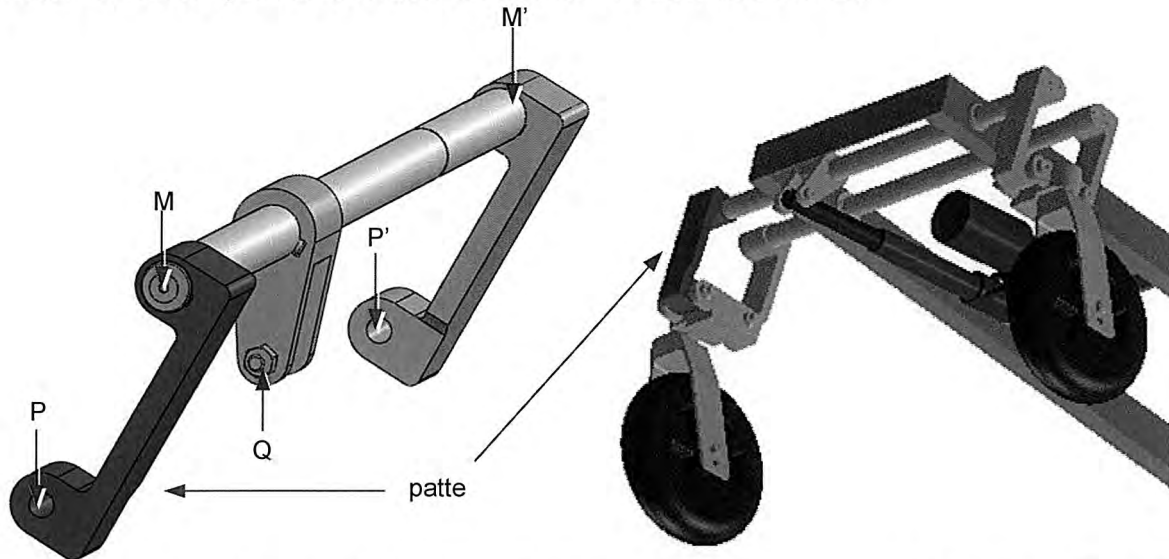
Question 15 : sachant que le stockage de l'énergie est réalisé à l'aide de deux batteries au gel M34SLDG montées en série (annexe 8), déterminer l'autonomie, en temps et en distance, du fauteuil dans ces conditions ; commenter par rapport aux données du constructeur (annexe 6).

Partie 4. Étude du dispositif d'escamotage du train avant

Objectif : mettre en évidence l'élément dimensionnant (zone la plus sollicitée) de la patte.

Afin de passer en « mode escalier », pour accéder à la maison de son ami, un vérin agit sur une patte et permet de rentrer le train avant.

Le modèle volumique et le document réponse DR2 représentent le dispositif permettant d'escamoter les deux roues avant du fauteuil, escamotage utile aux abords d'un escalier, pour faire en sorte que les chenilles soient en contact avec le sol.



La position représentée sur le document réponse DR2 correspond à l'instant de perte de contact de la roue avec le sol dans le cas de l'escamotage (ou celui de prise de contact de la roue avec le sol dans le cas du déploiement), instant que le concepteur du dispositif a jugé le plus critique pour le calcul de la résistance et le dimensionnement de la patte, une des pièces constituant la classe d'équivalence 7 (voir document réponse DR2).

Sur le document réponse DR2 est également tracée une action mécanique, caractérisant le glisseur de l'action du sol sur la roue $\overrightarrow{I_{sol \rightarrow roue}}$ appliqué en I, perpendiculaire au sol, et d'intensité considérée comme unitaire. L'évolution lente des positions mène à ne pas considérer les effets dynamiques. Le sol est supposé horizontal.

Question 16 : (Répondre sur le document réponse DR2 et sur copie) par une succession de constructions graphiques, tracer sur le document réponse DR2 l'action mécanique $\overrightarrow{P_6 \rightarrow 7}$, action mécanique appliquée en P par le solide 6 sur le solide 7 ; en déduire l'action mécanique $\overrightarrow{Q_4 \rightarrow 7}$ exercée par le corps du vérin 4 sur le solide 7 en Q.

Question 17 : déterminer grâce à ces constructions graphiques le rapport $\frac{\|\overrightarrow{Q_4 \rightarrow 7}\|}{\|\overrightarrow{I_{sol \rightarrow roue}}\|}$;

commenter.

Question 18 : (Répondre sur le document réponse DR3 et sur copie) tracer le ou les diagrammes des actions mécaniques de cohésion présentes dans la patte, entre le point P et le point M du modèle proposé ; prendre soin d'en préciser les valeurs extrémales ; désigner sur le modèle volumique de la patte présent sur le document réponse DR3 la zone la plus susceptible d'atteindre ses limites de résistance en justifiant.

Partie 5. Vérification de la capacité de franchissement de pente maximale en « mode escalier »

Objectif : vérifier que le fauteuil « TopChair » est capable de gravir ces types d'escaliers.

L'expérience prouve qu'un escalier est agréable mais également sûr si les valeurs de hauteur de marche (h) et de giron (g), c'est-à-dire la profondeur de la marche correspondent à la formule suivante : $2h + g = 0,63$ m (relation de Blondel). Cette valeur de 0,63 m correspond à l'amplitude moyenne du pas humain qui est compris entre 0,60 m et 0,66 m. Ainsi, d'un point de vue physiologique, les dimensions pour un escalier intérieur de 29 cm pour un giron et 17 cm pour une hauteur de marche considérées comme dimensions idéales résultent de cette formule (cas de l'escalier de l'entrée de son ami).

D'autres paramètres caractérisent les marches d'un escalier et participent au confort et à l'esthétique de ce dernier.

Certaines côtes minimales sont imposées pour les équipements recevant du public (ERP) ou pour les escaliers communs d'habitations collectives. Par exemple dans les ERP :

- largeur minimale du giron de 0,28 m ;
- hauteur maximale des marches de 0,16 m ;
- garde-corps obligatoire de part et d'autre pour les escaliers de plus de trois marches.

Dans les habitations collectives sans ascenseur, l'accès aux étages doit se faire par un escalier conforme aux prescriptions suivantes : largeur minimale de 1,20 m, hauteur des marches de 0,17 m maximale et giron des marches de 0,28 m minimum.

Question 19 : montrer que le fauteuil « TopChair » est capable de gravir ces types d'escaliers.

Partie 6. Validation de la solution choisie pour garantir le maintien du passager sur son siège

Objectif général : valider les solutions choisies pour garantir le maintien du passager sur son siège au cours des différentes phases d'utilisation, ainsi que d'en trouver les limites.

Dans le « mode escalier », un vérin permet de garantir l'horizontalité du siège.

Le maintien est abordé selon deux aspects :

- le non basculement du fauteuil roulant dans sa totalité (il s'agit ici du basculement avant ou arrière, et non du basculement latéral) ;
- le non glissement du pilote sur son siège.

Objectif : vérifier l'équilibre du fauteuil dans certaines situations critiques, et commenter les solutions et les contraintes constructives.

Le fauteuil roule sur un plan incliné d'un angle α avec l'horizontale.

L'angle α est tel qu'il est positif quand l'avant du fauteuil regarde vers le bas de la pente. Le modèle plan choisi précédemment est utilisé.

Les effets dynamiques sont considérés, mais l'inertie des 4 roues est négligeable.

Les solides y compris les roues sont considérés comme indéformables dans cette partie.

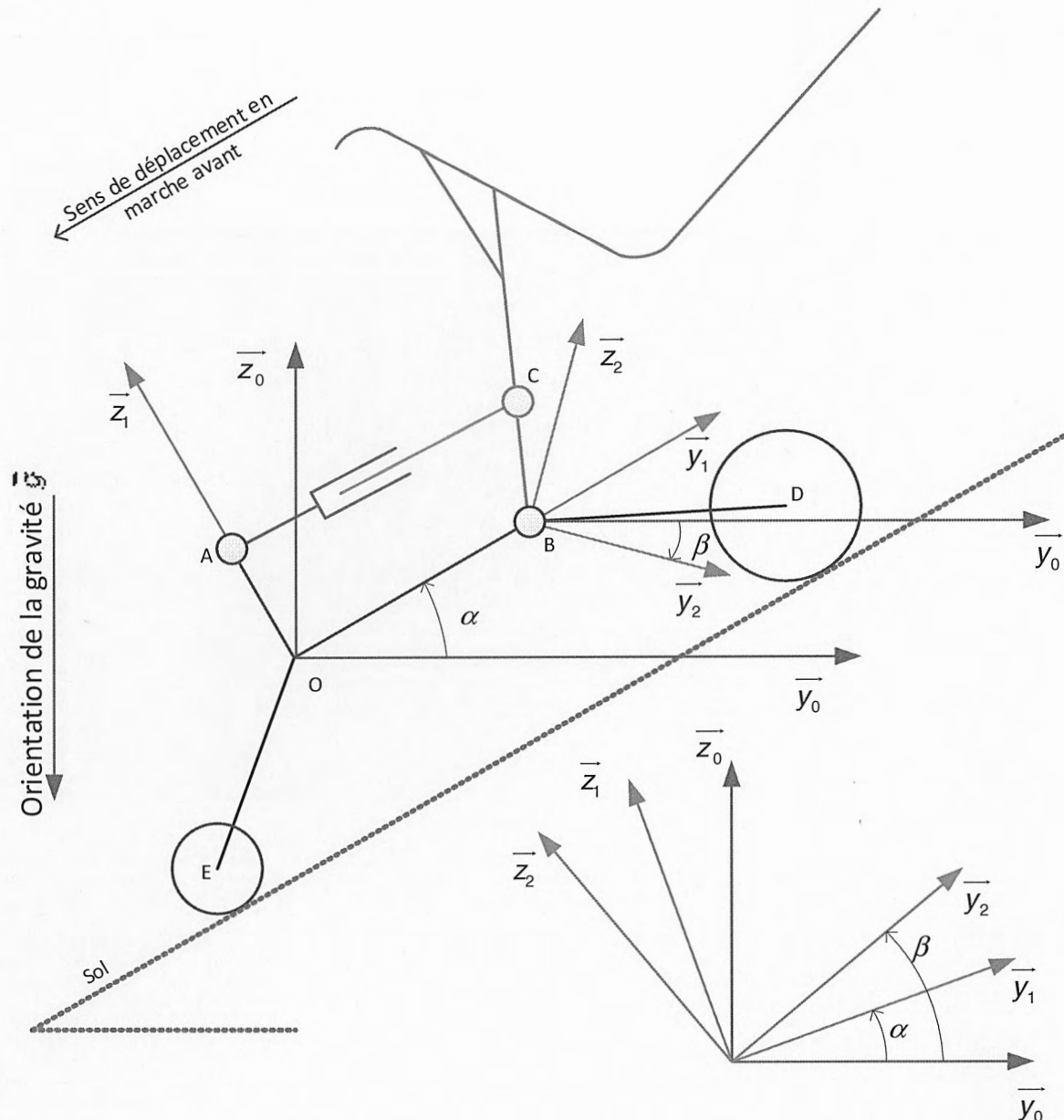
Le fauteuil transporte une personne de 80 kg telle que la masse totale sera notée m .

L'évolution du fauteuil peut être décrite par 3 qualificatifs :

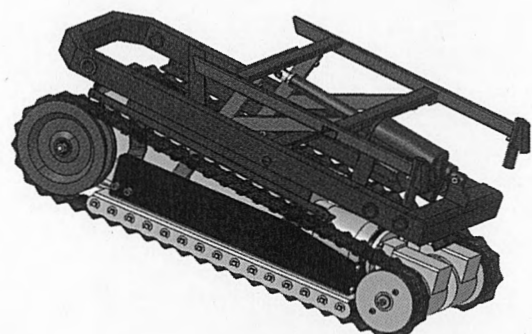
- en montée ou en descente ;

- en accélération motrice sous l'action des roues (mode route) ou des chenilles (mode escalier) ou en décélération par freinage sous l'action des roues ou des chenilles ;
- en marche avant ou en marche arrière.

Le constructeur propose une cinématique simple, à une seule mobilité entre le siège et le châssis, dont voici le schéma :



Question 20 : (Répondre sur le document réponse DR1) parmi les 8 possibilités d'évolution du fauteuil, lesquelles sont susceptibles de mener le fauteuil à un basculement arrière ou avant autre qu'un basculement statique (sous l'action unique de la gravité) ? Compléter le tableau du document réponse DR1 par « Risque de basculement arrière », « Risque de basculement avant » ou « Pas de risque ».



Remarque : le basculement avant est le basculement vers l'avant du fauteuil, et correspond à un soulèvement de l'arrière du fauteuil.

L'étude sera limitée au mode escalier. L'élasticité des chenilles et la longueur de celles-ci par rapport à l'espacement entre deux nez des marches d'un escalier permettent de modéliser les actions mécaniques par deux glisseurs appliqués aux points d'appui des roues crantées qui entraînent les chenilles (non représentées) sur le sol, chacun de ces deux glisseurs ayant le potentiel d'être moteur. Dans cette situation, l'étude se ramène à celle d'un chariot dont la motricité et le freinage sont partagés entre toutes les roues.

Question 21 : sur laquelle des quatre composantes de deux glisseurs faut-il raisonner et quelle condition faut-il vérifier pour mettre en évidence le risque de basculement du fauteuil ?

Toujours en mode escalier (on notera η le rendement de la transmission de puissance entre l'arbre d'une roue qui entraîne les chenilles et le sol, on notera R_{Dc} le rayon de cette roue).

Question 22 : en appliquant le théorème de l'énergie cinétique au fauteuil complet, déterminer la relation entre la somme des couples exercés sur les arbres des roues par la motorisation ou les freins et l'accélération $\overline{\Gamma_{G \text{ fauteuil} / \text{sol}}} = \Gamma_{G \text{ fauteuil} / \text{sol}} \cdot \overline{y_1}$, en fonction de la pente.

Le graphe présent sur le document réponse DR4, en plus des accélérations limites conduisant au basculement, présente la courbe des accélérations de freinage accessibles. La valeur de l'accélération du fauteuil, moteurs en phase de freinage, en marche arrière, pour une pente nulle, est de $-5,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, et en sachant que, également pour une pente nulle, l'accélération du fauteuil, moteurs en phase motrice, en marche arrière est de $2,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Question 23 : (Répondre sur le document réponse DR4 et sur copie) tracer sur le document réponse DR4 les courbes représentant l'accélération du fauteuil, moteurs en phase motrice en marche arrière, l'accélération du fauteuil, moteurs en phase de freinage en marche avant ainsi que l'accélération du fauteuil, moteurs en phase motrice en marche avant, en fonction de la pente.

En analysant ces tracés, identifier les situations à risque quant au basculement et conclure sur l'intérêt de la présence de la consigne d'horizontalité.

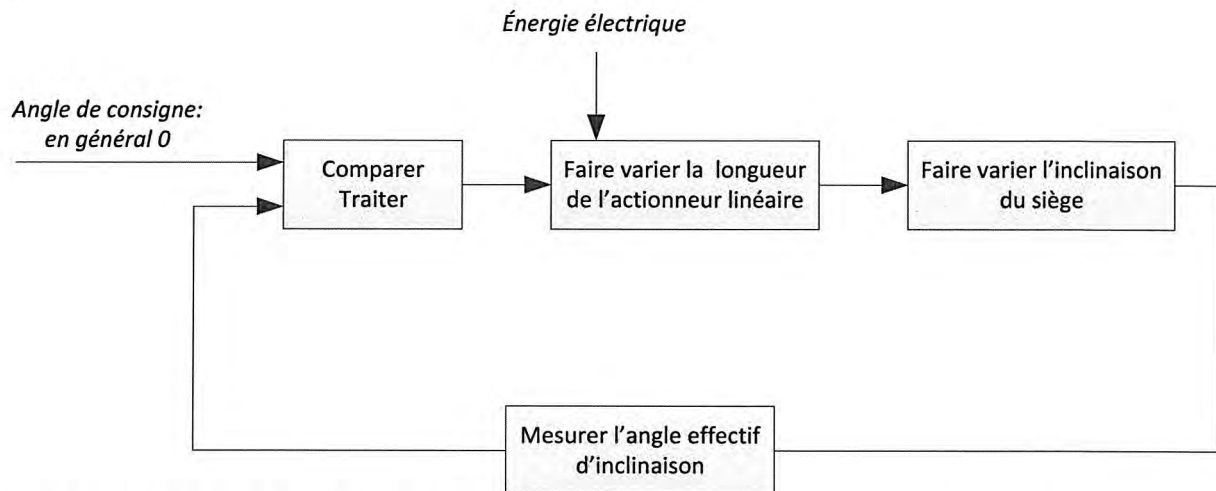
Question 24 : proposer une solution à envisager par le constructeur pour annuler ces risques. Dans le cas d'un freinage en marche arrière, quel est le couple maximal que doit imposer la somme des deux moteurs au niveau des roues qui entraînent les chenilles ?

Objectif : valider la solution choisie par le constructeur pour permettre le maintien horizontal du siège, en mode escalier.

Ce maintien participe à la fonction « garantir la sécurité et le confort du pilote » comme l'étude précédente a permis de la vérifier, il y contribue également en permettant au pilote de ne pas glisser du siège lorsque le fauteuil se déplace sur une pente. Cette fonction assure par ailleurs un réglage de confort pour l'utilisateur.

Description du sous-système répondant à la fonction : « Maintenir l'horizontalité du siège »
Après plusieurs essais mettant en place différentes solutions destinées à maintenir le siège du pilote horizontal, le concepteur a opté pour une solution asservie, dont le principe réside, dans l'action, par la variation de longueur d'un vérin, et dans la commande, par la comparaison continue entre une référence d'horizontalité absolue et l'angle effectif d'inclinaison du siège. Même si l'étude qui suit n'en tient pas compte, il est à noter que le pilote a la possibilité de faire varier ce réglage pour que le siège soit maintenu légèrement en arrière, ou légèrement en avant.

L'organisation des fonctions s'articule selon le schéma suivant :



La fonction « Comparer Traiter » :

- reçoit la consigne de l'utilisateur (en général siège horizontal soit une consigne d'angle nulle) sous forme d'un signal électrique ;
- reçoit l'image électrique de l'angle effectif d'horizontalité du siège ;
- élabore et émet le signal adéquat, c'est-à-dire réglé par rapport à un type de réaction du système souhaité et adapté à la grandeur qui permet d'agir sur la variation de longueur du vérin.

La fonction « Faire varier la longueur de l'actionneur linéaire » :

- reçoit un signal de la fonction « Comparer Traiter » ;
- envoie l'ordre de distribution de l'énergie pour mettre en mouvement l'actionneur linéaire et ce en accord avec le signal reçu.

La fonction « Faire varier l'inclinaison du siège » :

- reçoit une variation de longueur ;
- la transforme en une variation de l'inclinaison du siège.

La fonction « Mesurer l'angle effectif d'inclinaison » :

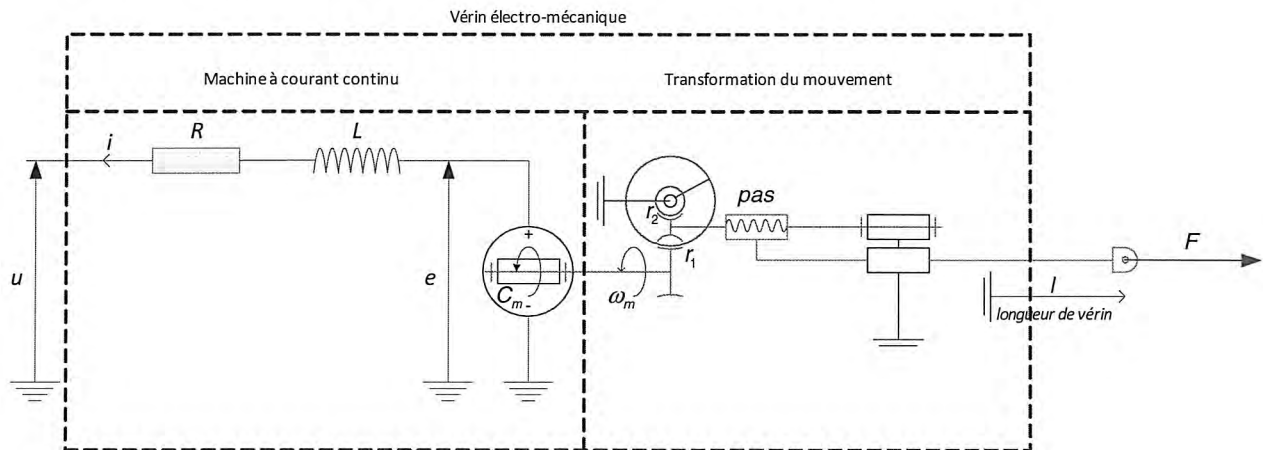
- mesure l'angle d'inclinaison effectif du siège de manière continue ;
- renseigne la fonction « comparer Traiter » de cet angle par l'intermédiaire d'un signal électrique adapté.

Modélisation de l'actionneur linéaire

Le vérin électro-mécanique est le composant choisi par le concepteur permettant de remplir la fonction « Faire varier la longueur de l'actionneur linéaire ». Une machine à courant continu, qu'on supposera être alimentée dans un premier temps par une tension continue u et traversée par un courant i , transforme la puissance électrique en une puissance mécanique caractérisée par son couple moteur C_m et la vitesse de rotation de son arbre de sortie ω_m selon les relations $C_m = K_T \cdot i$ et $e = K_e \cdot \omega_m$.

Le mouvement de sortie de la machine à courant continu est transformé une première fois par un dispositif roue et vis sans fin de rapport r_1 et de rendement η_1 , une deuxième fois par un autre dispositif roue et vis sans fin de rapport r_2 et de rendement η_2 et enfin par un

dispositif vis - écrou (à recirculation de billes, dont on négligera les pertes) caractérisé par son pas pour obtenir une variation de longueur notée l de l'actionneur linéaire.



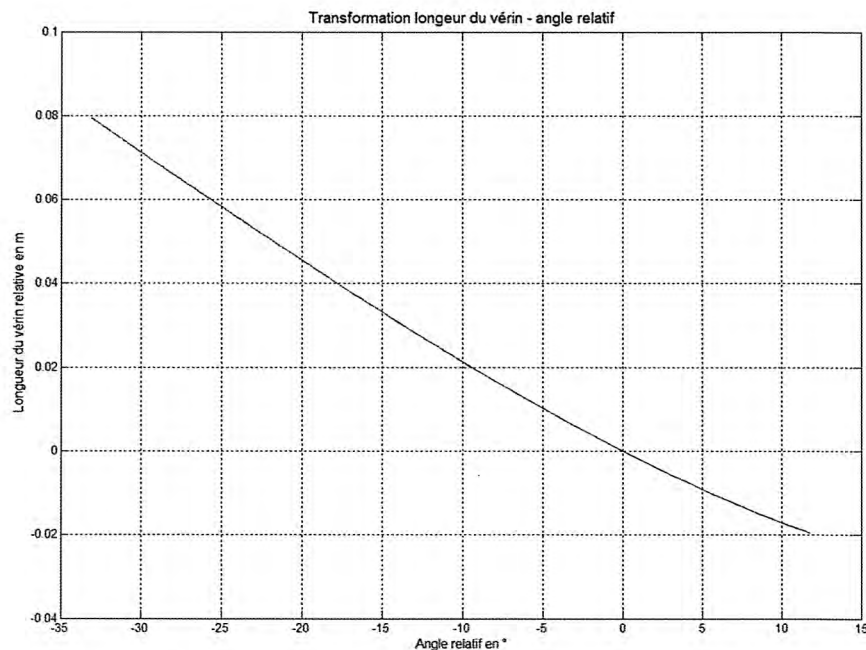
Question 25 : à partir d'une étude électrique et d'une étude mécanique, montrer qu'il est possible d'écrire les deux relations suivantes :

$$u = R \cdot i + L \cdot \frac{d}{dt} i + e \quad \text{et} \quad J_{eq} \cdot \dot{\omega}_m \cdot \omega_m = C_m \cdot \omega_m - \frac{F \cdot \dot{l}}{\eta_1 \cdot \eta_2}$$

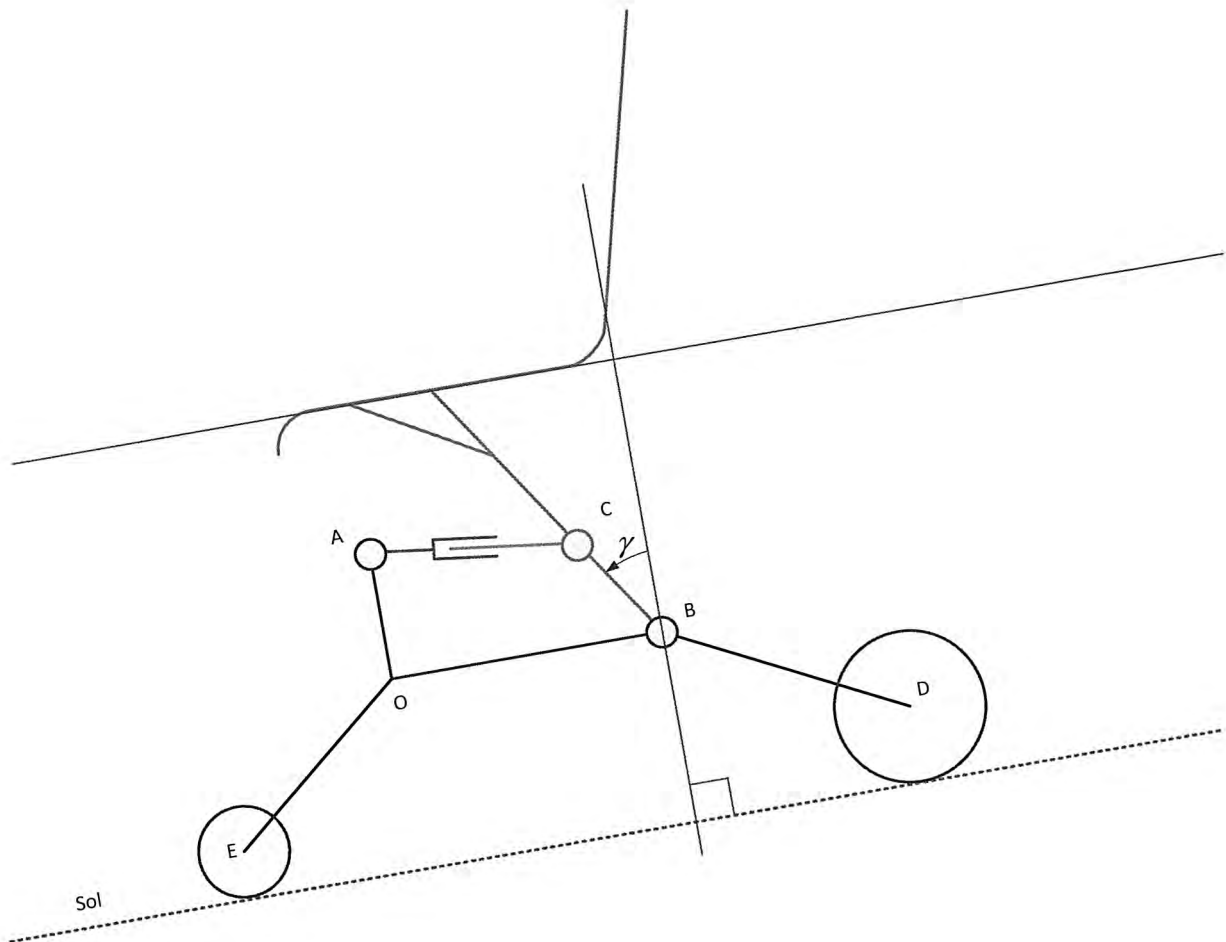
avec J_{eq} l'inertie équivalente des solides en mouvement ramenés sur l'arbre du moteur.

Modélisation de la transformation du mouvement entre la longueur de l'actionneur linéaire et l'inclinaison du siège

La courbe ci-contre traduit la cinématique choisie pour « faire varier l'inclinaison du siège ». Elle lie des grandeurs relatives, c'est-à-dire des grandeurs déclarées comme nulles lorsque le siège est parallèle au sol (position de référence).



L'angle relatif $\gamma_{relatif}$ est mesuré de la même manière que γ et la longueur du vérin notée $l_{relatif}$ est mesurée de la même manière que la distance $[AC]_{relatif}$.



Question 26 : par analyse de cette courbe, élaborer une relation de proportionnalité entre ces deux grandeurs relatives, autour de la position de référence, approchant au mieux la relation de transformation réelle.

La fonction « Comparer Traiter » sera modélisée par un gain K_F .

Modélisation du dispositif de maintien horizontal

L'objectif est de synthétiser sous forme de « schéma bloc » les relations mises au point dans les questions précédentes.

Le comportement du capteur d'angle effectif d'inclinaison du siège sera représenté par un gain K_c .

Question 27 : (Répondre sur le document réponse DR5 et sur copie) en tenant compte de la relation cinématique existant entre ω_m et l la longueur du vérin, opérer une transformée de Laplace des équations déduites des études temporelles précédentes, puis compléter le schéma bloc présent sur le document réponse DR5.

Amélioration de la stabilité

Avec K_e et K_T correspondants à la solution retenue, et en faisant une simulation pour $K_F=1$, puis $K_F=10$ et enfin $K_F=50$, le système présente une réponse fréquentielle tracée en annexe 11.

Les marges de stabilité ne sont pas jugées suffisantes (avec $K_F=10$ qui sera la valeur choisie par le constructeur pour des raisons de temps de réponse et de précision), les marges sont $M_\varphi = 9,94^\circ$ à $2,43 \text{ rad/s}$ et $M_G = 109 \text{ dB}$ à 4180 rad/s , et en particulier l_a

marge de phase que le concepteur voudrait voir atteindre est de 45° , tout en conservant une marge de gain de 100 dB.

Le concepteur souhaite insérer un correcteur permettant d'augmenter cette marge de phase, un correcteur sous la forme $C(p) = K_{cor} \cdot \frac{1 + a \cdot \tau \cdot p}{1 + \tau \cdot p}$ avec $a > 1$, qui sera implanté de manière à agir sur la grandeur $U(p)$.

Question 28 : déterminer, en fonction de K_{cor} , a et τ la pulsation pour laquelle la phase ajoutée par le correcteur est maximale et exprimer la valeur de cette phase maximale. En déduire la valeur numérique des paramètres K_{cor} , a et τ à choisir pour satisfaire les attentes du concepteur. Vérifier sur l'annexe 12 que l'objectif est atteint.

Partie 7. Maintenance à distance

Objectif : valider la solution du concepteur pour mettre en place une maintenance préventive, ceci afin d'améliorer la disponibilité du fauteuil pour son utilisateur.

Une estimation du temps d'utilisation du fauteuil est réalisée. Le fauteuil comptabilise le temps de fonctionnement de chaque mode d'utilisation, route et escalier, de la manière suivante :

- temps en mode route - une variable de 32 bits est incrémentée toutes les 3 minutes ;
- temps en mode chenille - une variable de 32 bits est incrémentée toutes les minutes ;
- nombre de marche montées - incrément à chaque marche dans une variable de 32 bits. Ceci permet de mieux apprécier l'état des chenilles dont l'usure est directement fonction du nombre de marches franchies.

Le temps de fonctionnement de chaque mode est mémorisé par le système dans une mémoire flash.

Question 29 : sachant que la période moyenne d'utilisation d'un fauteuil est de 5 ans, montrer que ces variables suffisent amplement pour stocker les temps cumulés d'utilisation du fauteuil ainsi que le nombre de marches franchies.

La récupération de ces informations se fait par le biais d'une liaison Ethernet/TCP/IP à l'aide d'un logiciel sur PC standard connecté directement au fauteuil par un câble croisé. Les fauteuils ont tous la même adresse IP à la fabrication, qui est 192.168.0.101 avec un masque de 255.255.0.0.

Question 30 : donner une adresse IP possible pour que l'ordinateur puisse communiquer avec le fauteuil. Justifier votre réponse.

Le fauteuil doit aller chez un réparateur agréé à intervalles réguliers pour faire un diagnostic complet du système.

Question 31 : sous forme de conclusion, expliquer en quoi les données stockées dans la mémoire vont aider le réparateur à maintenir au mieux le fauteuil.

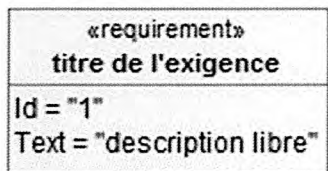
Synthèse

Question 32 : conclure sur la validité des choix technologiques du constructeur pour assurer l'autonomie de la personne à mobilité réduite pour le parcours donné dans Tours.

Annexe 1 : éléments d'aide sur le langage SysML

Diagramme d'exigences : permet de représenter les exigences et les contraintes, de toute nature, du système (économiques, techniques, fonctionnelles, environnementales, etc).

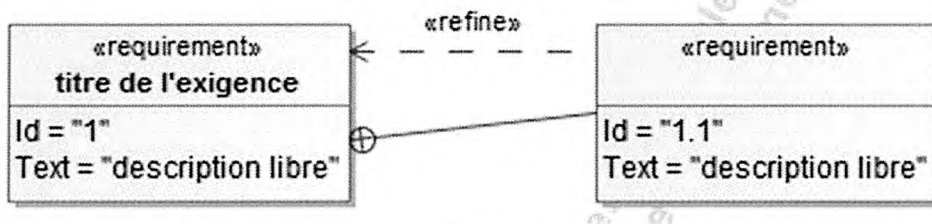
Représentation graphique



Id : numéro de l'exigence. Il sert à mieux les repérer.

Text : comme indiqué, c'est une description libre mais courte de l'exigence.

Liens entre exigences

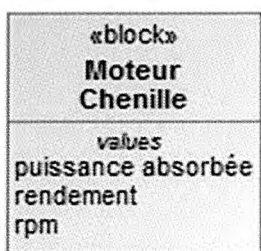


Contenance (lien en trait plein avec une bulle) : indique que l'exigence 1 contient l'exigence 1.1.

Précision (lien en pointillés) : l'exigence 1.1 précise l'exigence 1.

Diagramme de blocs : permet de représenter de manière logique les différents constituants d'un système.

Représentation graphique



Titre de l'élément : ici c'est « Moteur Chenille ». Permet de désigner l'élément tout simplement.

Values : permet de caractériser l'élément. Ici ont été notés la puissance absorbée, le rendement et la vitesse angulaire. Ces éléments sont choisis en fonction du besoin de la modélisation (utile ici uniquement pour la lecture).

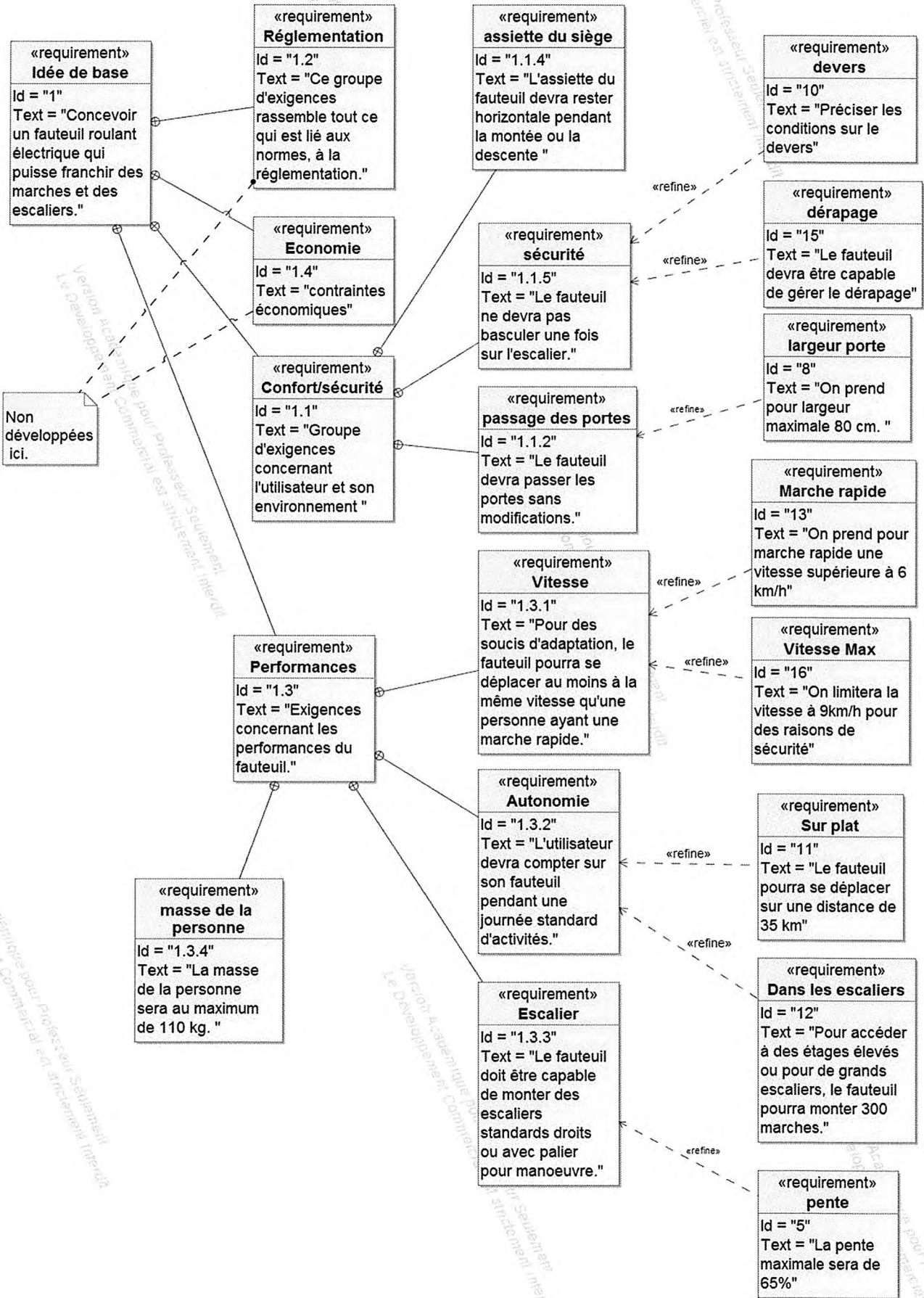
Lien entre blocs



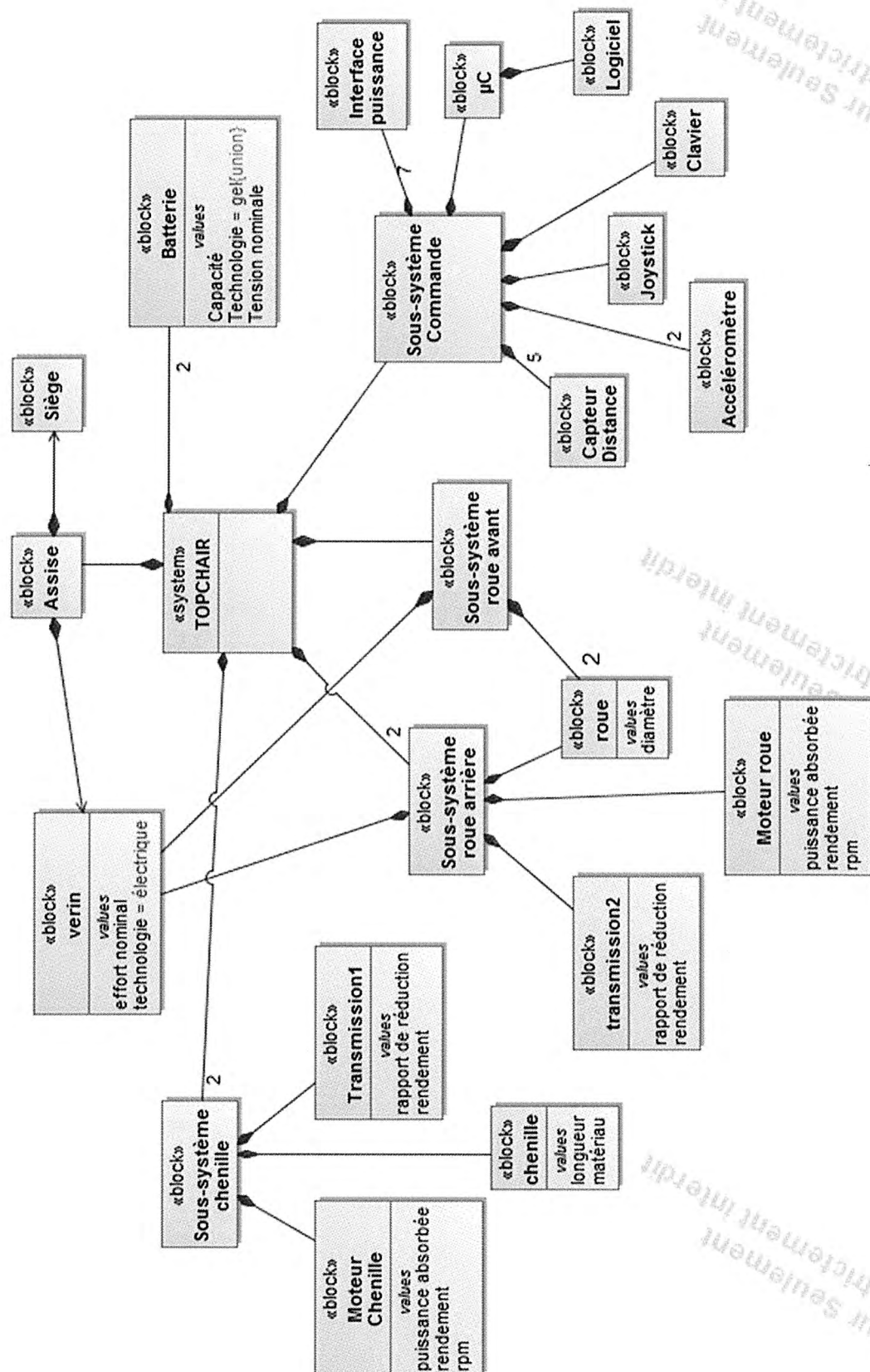
Composition (losange au bout d'une flèche) : permet d'indiquer ici que le bloc Siège (contenu) fait partie du bloc Assise (contenant). Cette relation peut se traduire par : l'« Assise » est composée du « Siège ». Le chiffre pouvant se trouver sur le lien exprime une

multiplicité. Ici, l'assise est constituée d'un seul siège.

Annexe 2 : diagramme d'exigences

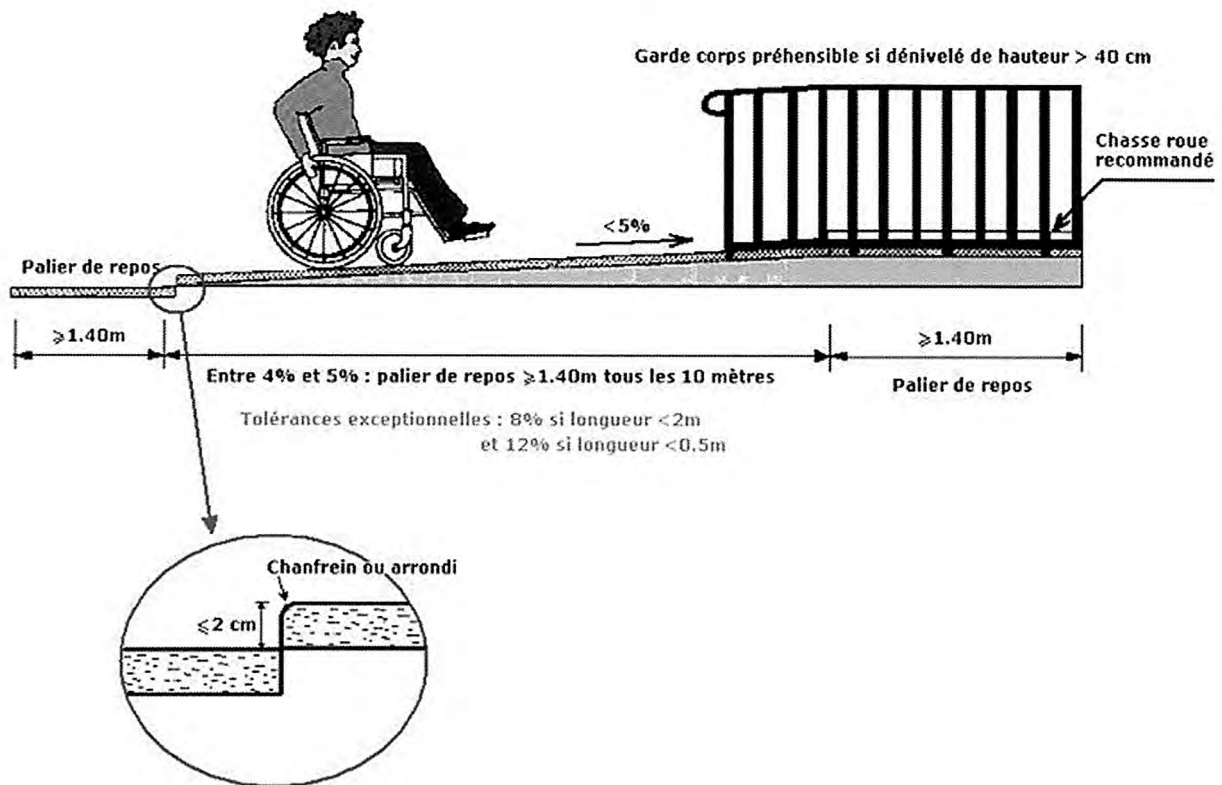


Annexe 3 : diagramme de définition de blocs



Annexe 4 : extrait de norme d'accessibilité aux handicapés

La pente



La loi du 11 février 2005 est l'une des principales lois sur les droits des personnes handicapées, depuis la loi de 1975. Elle réaffirme que les locaux d'habitation, les établissements accueillant du public, les lieux de travail notamment, doivent être accessibles (dans un délai maximum de 10 ans) aux personnes handicapées quels que soient les handicaps considérés. Cependant, quelles sont les normes d'accessibilité ?

Le cheminement extérieur usuel

Le cheminement doit avoir un sol non meuble, non glissant et ne présentant aucun obstacle à la roue. Sa largeur est de 1,40 m minimum. Cependant, s'il n'y a aucun mur de part et d'autre, la largeur pourra être de 1,20 m.

Pente du cheminement

La pente doit être comprise entre 4 et 5 %. Or, à titre exceptionnel (c'est-à-dire s'il est impossible de faire autrement) elle peut être soit de 8 % mais sur une longueur de 2 m au maximum, soit de 12 % mais sur une longueur de 0,5 m. Il est préférable que le cheminement ne comporte aucun ressaut. Cependant, si ce n'est pas le cas, ils ne doivent pas dépasser 2 cm, leur bord doit être arrondi et ils doivent être espacés d'au moins 2,50 m.

Paliers de repos

Le cheminement doit posséder des paliers de repos horizontaux devant chaque porte, en haut et en bas de chaque plan incliné, ainsi qu'à l'intérieur de chaque sas. Leur longueur doit être supérieure à 1,40 m, hors de tout obstacle et de débattement de porte.

**Annexe 5 : spécifications techniques
véhicules pour handicapés physiques
Version du 22 février 2011 / Arrêté du 26 juin 2003 (JO du 6 septembre 2003)
Titre IV de la Liste des Produits et Prestations Remboursables
(L.P.P.R.) prévue à l'article L. 165-1 du code de la sécurité sociale
Institution Nationale des Invalides**

**C.E.R.A.H. (Centre d'Études et de Recherche sur l'Appareillage des Handicapés)
Groupe moteur**

Il doit permettre le démarrage et la propulsion aisée d'une personne de 70 kg, sur une côte de 15 % goudronnée. Le démarrage ne doit pas être brutal, il peut être obtenu soit par un variateur de vitesse, soit par un dispositif à deux vitesses, dont la première n'excédera pas 3 kilomètres à l'heure. En cas de surcharge, un dispositif doit couper l'alimentation du ou des moteurs et enclencher le système de freinage. La vitesse maximale est de 10 kilomètres à l'heure. La distance d'arrêt sera conforme au tableau ci-dessous :

Vitesse (km/h)	4	5	6	7	8	9	10
Distance (m)	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0

En cas de panne, une tierce personne doit pouvoir débrayer et déplacer aisément le fauteuil roulant. Pour manœuvrer les mécanismes de débrayage de propulsion et de direction, la force maximale à appliquer sera de 75 newtons. Pour déplacer le fauteuil roulant, transmission débrayée, la force maximale à appliquer au niveau du système de poussée, mesurée horizontalement, sera de 100 newtons. Lors de ces mesures, le fauteuil est lesté d'un mannequin approprié (voir tableau du cahier des charges des fauteuils roulants à propulsion manuelle). Si le débrayage annihile le frein automatique à coupure de courant (dit « frein électromagnétique »), l'utilisateur ne doit pas pouvoir déplacer son fauteuil. Si le groupe moteur empêche le pliage du fauteuil, sa dépose doit être rendue aisée par un système de fixation rapide. Les charbons du moteur doivent être facilement accessibles pour rendre leur changement aisé.

Systèmes de freinage et de ralentissement

Des systèmes de freinage et de ralentissement agissant efficacement lorsque le fauteuil est lesté d'un poids de 80 kg et se trouvant sur une pente de 15 % doivent être prévus.

Ils comprennent :

- 1) Un frein à action progressive agissant sur les roues motrices, le ralentissement ne devant en aucun cas être brutal. Il doit correspondre à la position « point mort » du levier de commande.
- 2) Un frein puissant, entrant automatiquement en action pour assurer l'immobilisation et l'arrêt du fauteuil soit en cas de panne d'alimentation ou de coupure de courant, soit en cas de surcharge. Dans le cas du débrayage « type roue libre » un système de frein de stationnement indépendant du circuit électrique doit équiper chaque roue motrice. Dans le cas du système de débrayage par annulation de l'action du frein électromagnétique à coupure de courant, sa reconnexion mécanique est considérée comme un frein de stationnement. Si la commande est manuelle, le levier est situé au-dessus du plan horizontal passant par l'axe des roues motrices. Une possibilité d'arrêt immédiat doit pouvoir être obtenue soit par inversion de la manœuvre en déclenchant la marche arrière, soit par la commande du frein mécanique d'immobilisation.

Test des systèmes d'immobilisation

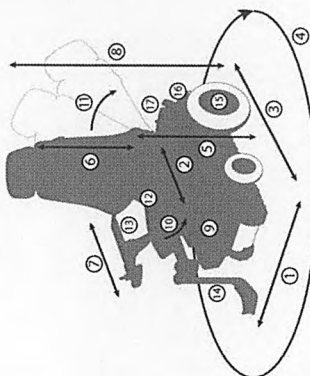
Le réglage des systèmes d'immobilisation s'effectuera sur une pente de 7 °, le fauteuil étant lesté d'un mannequin. Dans ces conditions, les systèmes d'immobilisation bloqués, les roues sur lesquelles ils agissent ne devront pas tourner. Le fauteuil lesté d'un mannequin, le mécanisme d'immobilisation sera manœuvré 60 000 fois. Après ce test, les systèmes d'immobilisation doivent avoir gardé leur efficacité.

Stabilité

La stabilité statique et dynamique est contrôlée conformément à la norme EN NF 12184.

Spécifications Techniques

- 1 LARGEUR** (en cm)
 - Siège : Standard 43, Récaro 48
 - Totale : 68 - 70, selon les pneus
- 2 PROFONDEUR** (en cm)
 - Siège : Standard 46 ; Récaro : réglable de 46 à 51
- 3 LONGUEUR** (en cm)
 - Totale : 115
 - Sans repose-pieds : 98
- 4 RAYON** (en cm)
 - Rayon de rotation : 85
- KG POIDS** (en kg)
 - Fauteuil : 140 kg
 - Personne : 110 kg maxi
- 5 HAUTEUR** (en cm)
 - > Assise sans coussin :
 - Sur roues : 56
 - Sur chenilles : 45
- 6 Dossier : standard 48, Récaro 77-83**
 - > Accoudoirs : réglables de 10 à 25 par rapport au siège
- 8 Totale : Standard 107, Récaro 120 (136 avec appui-tête)**
- 9 CHÂSSIS :**
 - Acier peint
- 10 SIEGE :**
 - Bascule assise de -3° à 30°, par réglage électrique standard
- 11 DOSSIER :**
 - Adjustable avec outils dans 3 positions (Standard) ou réglable en inclinaison par molette (Récaro)
- 12 SELLERIE :**
 - Assise Standard : coussin de siège, dossier en toile nylon matelassée, réglable en tension
 - Assise Récaro : tissu gris foncé, type automobile.
- 13 ACCOUDOIRS :**
 - Réglables en écartement, hauteur et profondeur.
 - Manchettes amovibles.
- 14 REPOSE-PIEDS :**
 - Réglables en hauteur et escamotables.

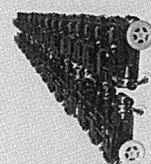


- Pente maxi et hauteur du trottoir :**
- Mode « route » : pente maxi 6°, obstacle maxi 5 cm
 - Mode « escaliers » : pente maxi 33° soit 65%, obstacle maxi 20cm
- Options et accessoires :**
- Kit d'éclairage à LED, rétroviseur, appui-tête, ...
- Garantie :**
- Fauteuil : 2 ans
 - Roues, batteries gel et chenilles : 1 an

Besoin d'adaptations spécifiques ?
Nous consulter pour d'autres options et accessoires

TopChair

TopChair SAS
2 allée Longue terre
31850 Montrabé France
+33 (0)9 61 22 72 02
info@topchair.net



www.topchair.net

Développé et fabriqué par
TopChair SAS
Société française, implantée à Toulouse,
pôle scientifique et technologique

SIRET : 443 281 944 00027 - Code A.P.E. 3092Z



TopChair-S
Le fauteuil roulant
monte-marches



L'Autonomie
L'Accessibilité
Progrès important de
compensation du handicap

Monter et descendre des escaliers Franchir des trottoirs Se déplacer en toute liberté



Annexe 7 : motoréducteur de roue arrière - 109162
Antrieb SRG05 / 0,35kW / 3000 min⁻¹ / i=23,8

motoréducteur	109162,00
nom	SRG0511
moteur	
type	GP9030
puissance nominale (1h)	0,35 kW
vitesse nominale	3000 rpm
tension nominale	24 VDC
couple nominal	0,9 N·m
intensité maximale à vide	< 2,5 A
intensité maximale	80 A (max. 5 sec)
résistance	0,190 Ohm ±5%
inductance	0,16 mH ±5%
température moteur	80 °C
température moteur maximale	155 °C
indice de protection	IP 54
Classe d'isolation	F
réducteur	
type	SRG05
rapport de réduction	23,8 : 1
vitesse nominale de sortie	126 rpm
vitesse à vide	139 rpm
couple nominal	18 N·m
frein	
type	FB 060
tension nominale	24 VDC
intensité nominale	0,4 A
couple de freinage	2,2 N·m
tension d'enclenchement	7V > U < 17V
tension de relâchement	1,2V > U < 7V
temps de réponse	max.15 ms
motoréducteur	
bruit mesuré à 300mm, à vide, en chambre de test avec un bruit ambiant maximal de 40 dB	max. 60 dB/A
couple minimal sur l'arbre de sortie	60 N·m
charge maximale sur l'arbre de sortie	85 kg

Annexe 8 : batteries M34SLDG



Advanced design/manufacturing, including IPF® technology†, combine to make MK Battery's Sealed Gel Batteries the standard by which all other gel batteries are measured.

GEL Batteries

Gel General Specifications

Model	Voltage	Amp Hour (5 hrs.)*	Amp Hour (20 hrs.)*	Reserve Capacity @80°F	Weight Lbs. (Kgs.)	Length In. (mm)	Width In. (mm)	Total Height In. (mm)**
MU-1 SLD G	12	26.8	31.6	44	23.0 (10.5)	7.71 (196)	5.18 (132)	7.22 (183)
M40-12 SLD G	12	34.0	40.0	59	32.0 (14.5)	7.76 (197)	6.62 (168)	6.87 (174)
M22NF SLD G	12	43.2	51.0	77	37.0 (16.8)	8.99 (228)	5.47 (139)	9.24 (235)
M34 SLD G	12	47.5	60.0	90	39.0 (17.7)	10.20 (259)	6.65 (169)	7.05 (179)
M24 SLD G	12	63.0	73.6	132	52.0 (23.6)	10.20 (259)	6.56 (167)	9.24 (235)
M24 SLD G FT	12	63.0	73.6	132	52.0 (23.6)	10.20 (259)	6.80 (173)	8.24 (209)
M27 SLD G	12	72.0	88.0	160	63.0 (28.6)	12.83 (326)	6.56 (167)	9.30 (236)

*Ampere hour capacity is a nominal rating. All ratings are after 15 cycles and conform to B.C.I. specifications. **Includes Terminal. All data subject to change without notice. †Individual plate formation.

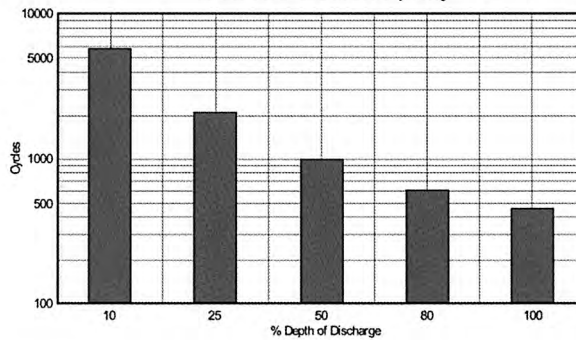
MK Gel Sealed. The Mobility Industry Standard.

When you think quality Deep Cycle batteries, think of MK Battery. Our premium gel sealed battery products have been the number one choice for years by the leading wheelchair manufacturers. When it comes to performance and quality, the MK Gel is the standard.

- Deep Cycle - Premium sealed batteries capable of up to 1100 cycles for a typical HME user.
- Gelled/Suspended Electrolyte - No liquid of any kind; battery is completely sealed. Safe in any position.
- Maintenance Free - Water is never added; low liability.
- Travel & Ship Easily - MK batteries are FAA, IATA, and UPS approved. Others may not be.
- Safety - Sealed batteries have a special re-sealing vent system that prevents excessive internal pressure; thus, they cannot explode under normal conditions.



Gel Cycle Life vs Depth of Discharge at +25°C (77°F)
Based on BCI 2-hour Capacity



ISO9001



BENEFITS

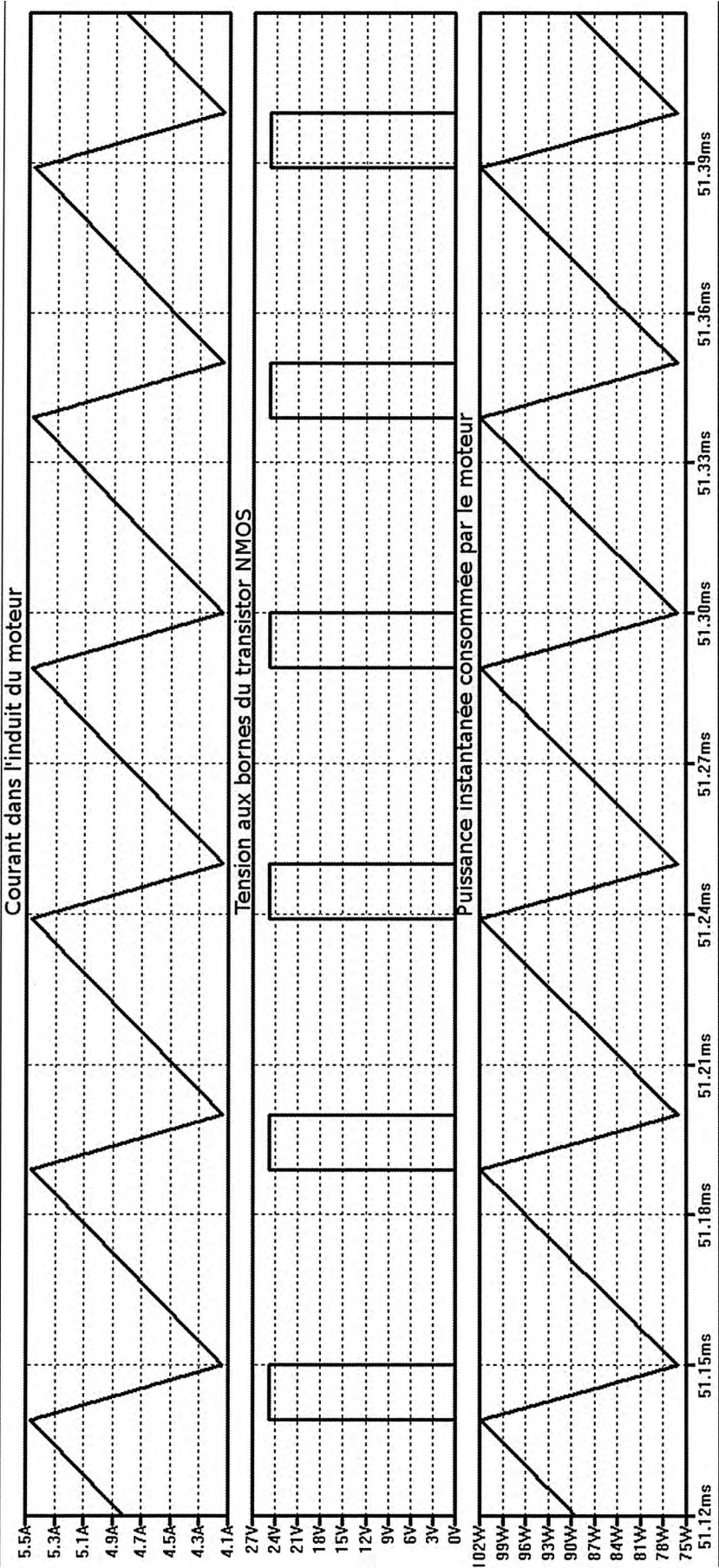
- Sealed construction eliminates periodic watering, corrosive acid fumes and spills.
- Electrolyte will not stratify, no equalization charging required. Allows faster recharge.
- Increases durability and deep cycle ability for heavy demand applications.
- Less than 2% per month stand loss means little deterioration during transport and storage.
- Individual plate formation (IPF) technology optimizes power capacity, cell consistency, and long-term reliability.
- Transports easily and safely by air.
- Quality construction ensures reliable performance.

GEL SPECIFICATIONS

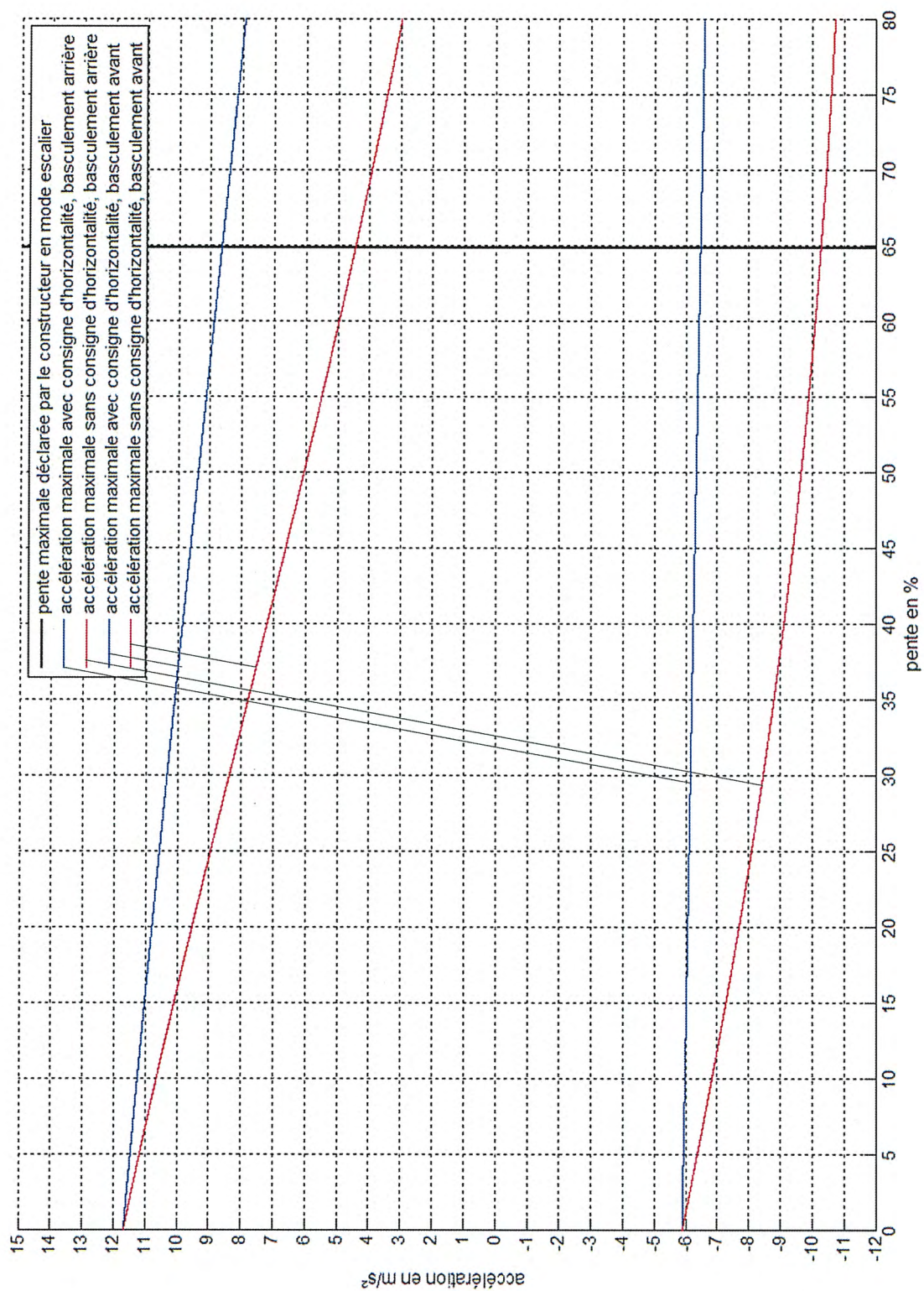
Voltage	12 volts nominal
Plate Alloy	Lead Calcium
Posts	Forged terminals and bushings
Container/Cover	Polypropylene
Charge/Absorption/Equalize	2.30 vpc to 2.43 vpc @ 77°F (25°C)
Float/Standby	2.25 vpc ± 0.01 77°F (25°C)
Electrolyte	Sulfuric acid thixotropic gel
Vent	Self sealing
Operating Temperature	Fully charged range: -76°F (-60°C) to 140°F (60°C)

NON-SPILLABLE by DOT (Department of Transportation), ICAO (International Commercial Airline Organization), and IATA (International Airline Transport Association, A67) definitions.

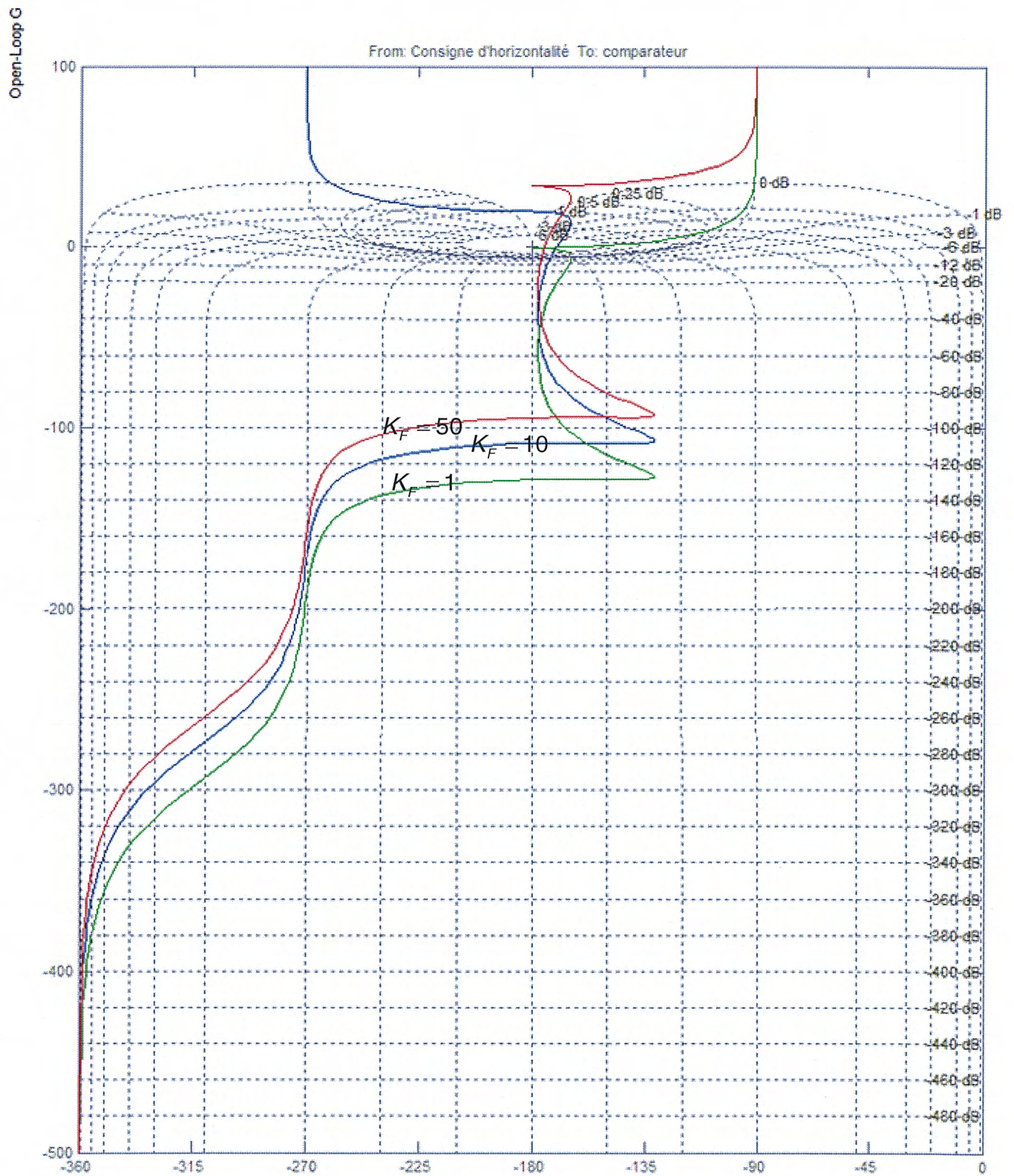
Annexe 9 : relevé de courbes de simulation du pont en H



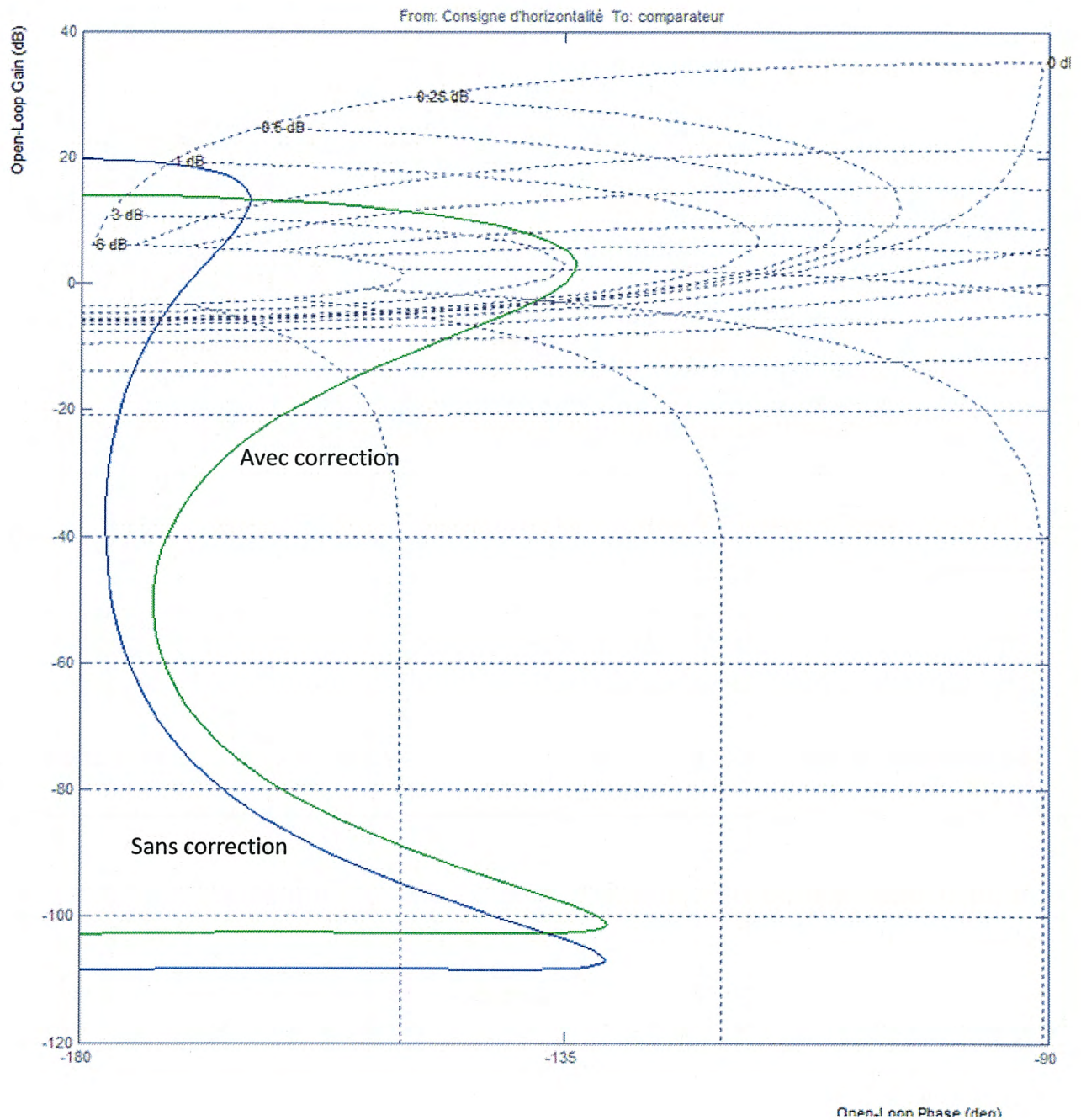
Annexe 10 : accélérations limites (basculement avant ou arrière)



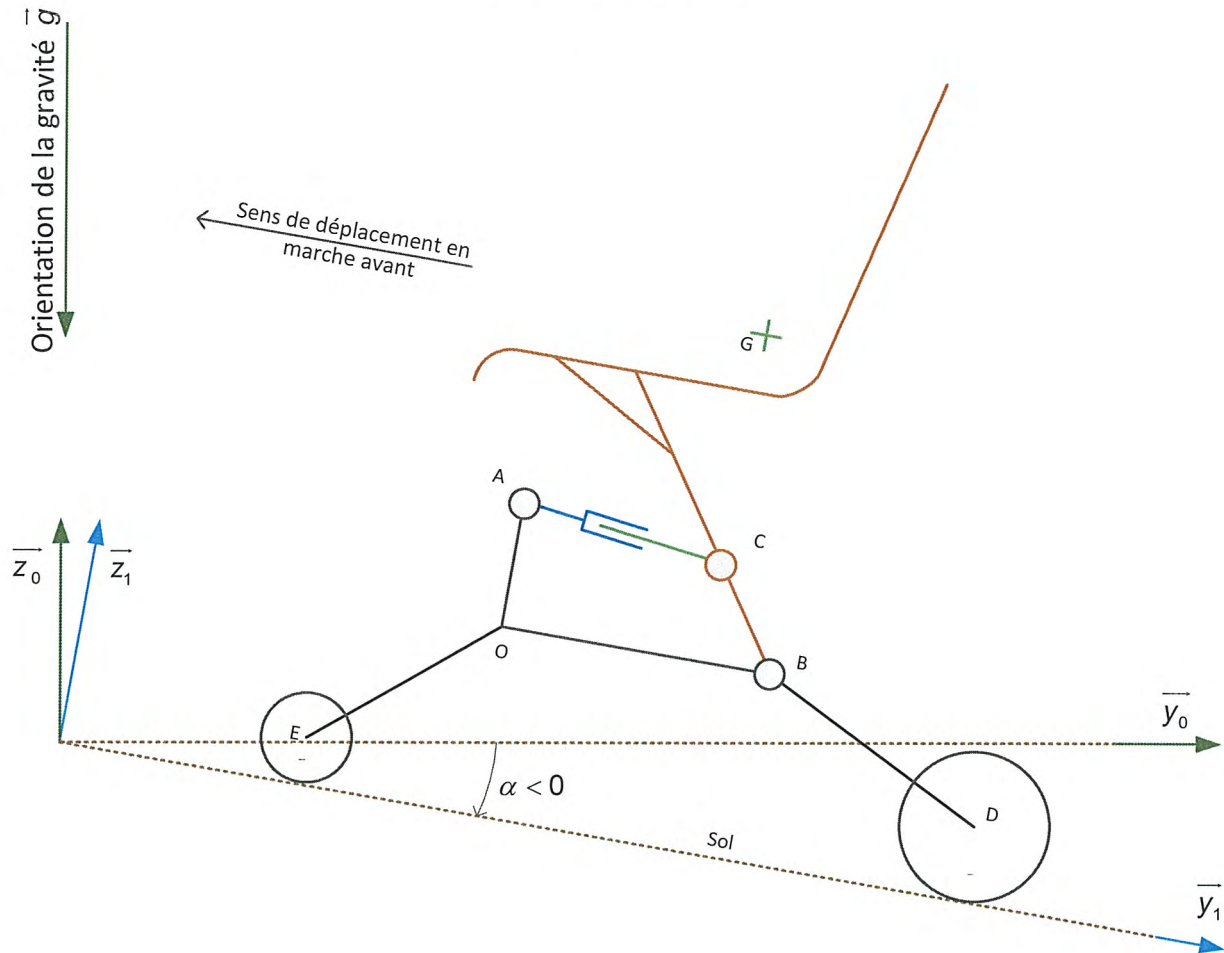
Annexe 11 : réponse fréquentielle



Annexe 12 : réponse fréquentielle corrigée

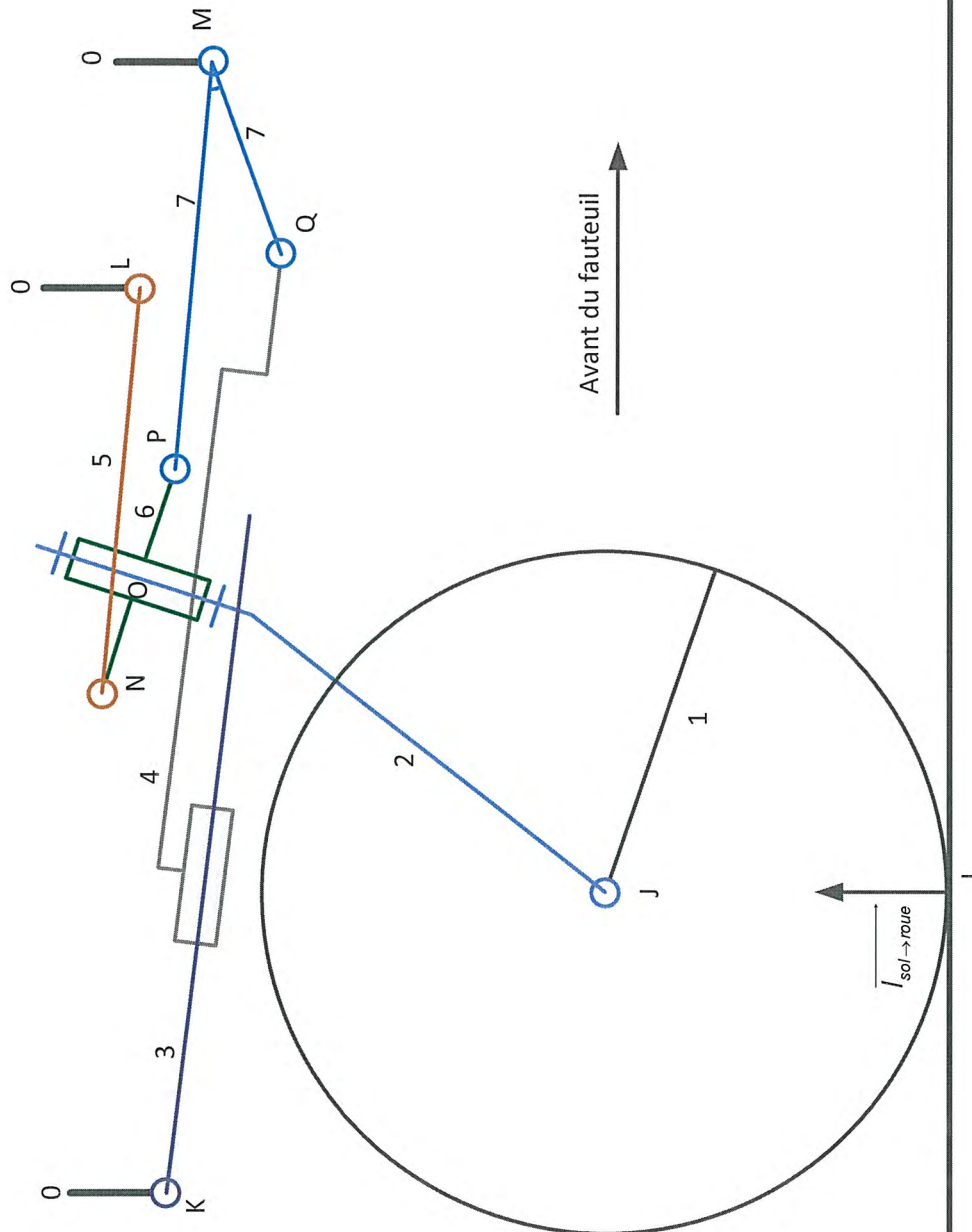


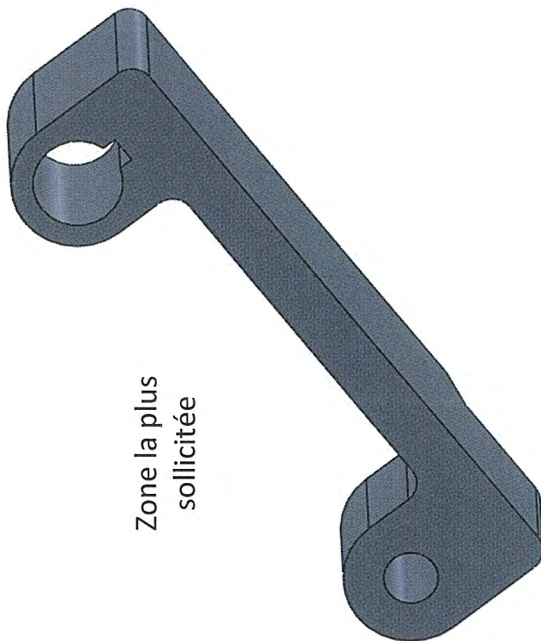
Document Réponse DR1



Étude du basculement avant ou arrière

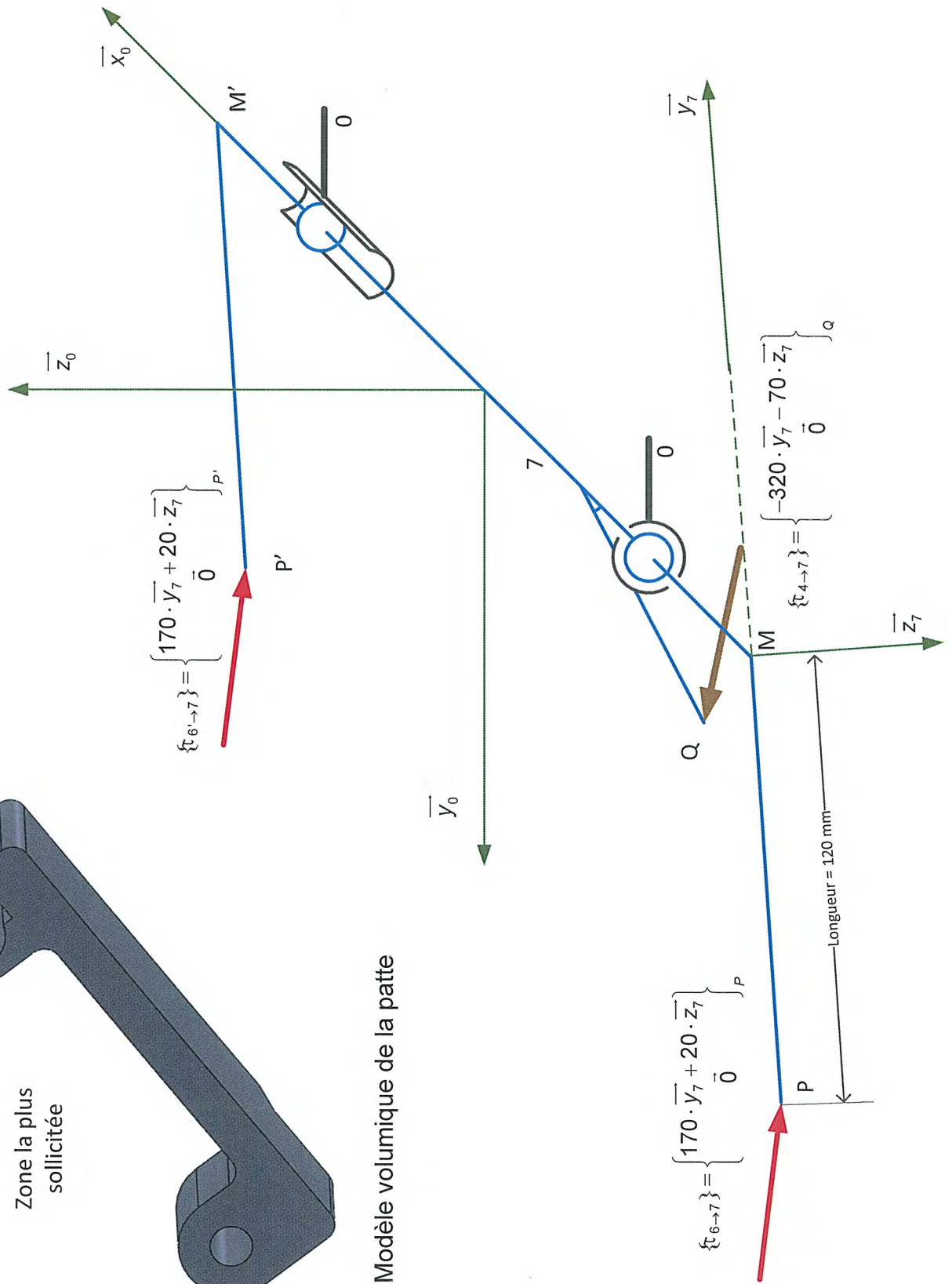
Fauteuil		En montée		En descente	
		accélération	décélération	accélération	décélération
En mode route	En marche avant				
	En marche arrière				
En mode escalier	En marche avant				
	En marche arrière				



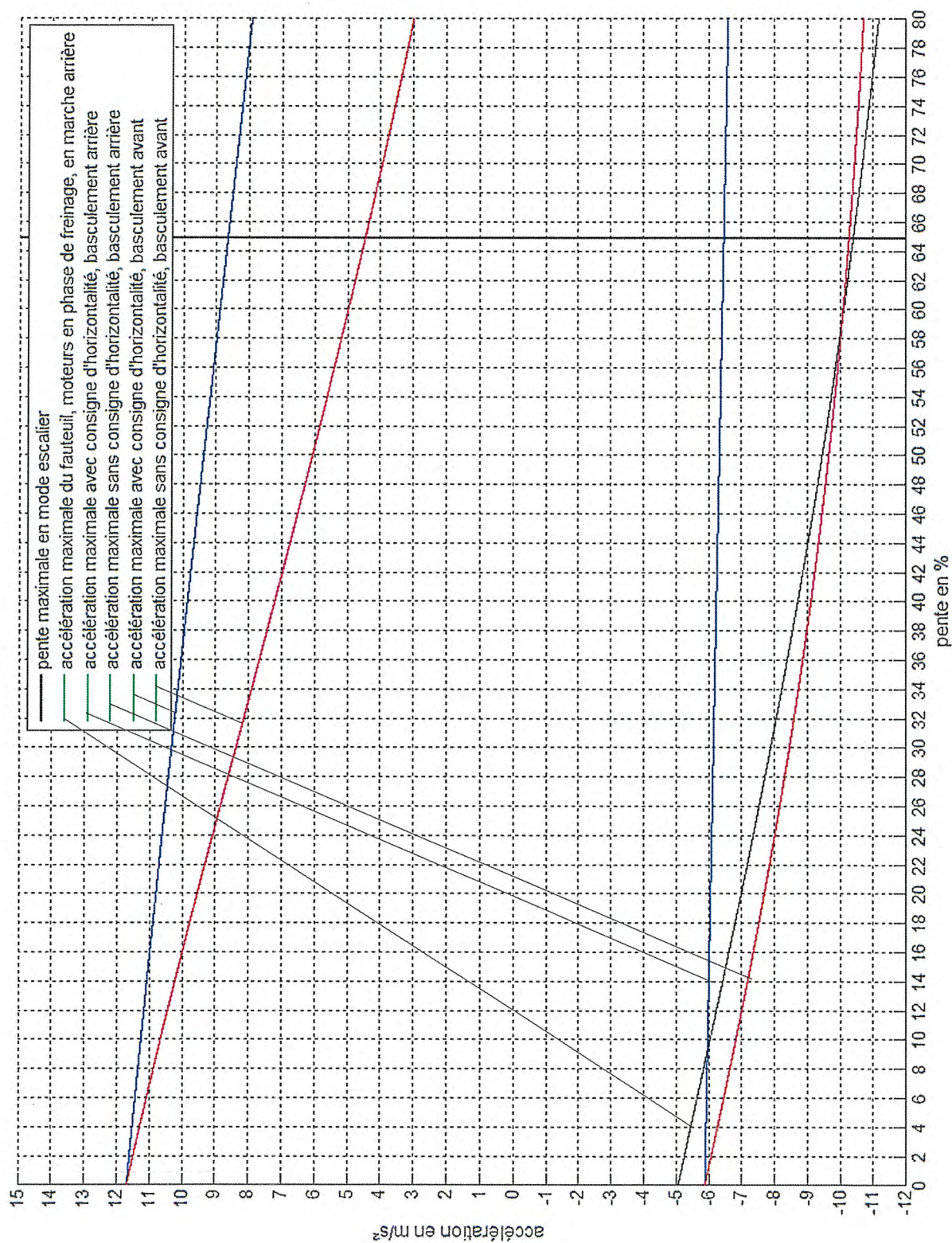


Zone la plus sollicitée

Modèle volumique de la patte



Document Réponse DR4 : accélérations accessibles par la motorisation et le freinage en mode escalier



Document Réponse DR5 : schéma Bloc

